PRZEMYSŁAW GONERA, ANDRZEJ KIJOWSKI, ZBIGNIEW ZWOLIŃSKI*

POWEZBRANIOWE FORMY AKUMULACYJNE NA TERASIE ZALEWOWEJ WARTY I PARSĘTY W ŚWIETLE ANALIZY ZDJĘĆ LOTNICZYCH

WPROWADZENIE

Zastosowanie materiałów satelitarnych i lotniczych staje się powszechne w badaniach geomorfologicznych. Wynika to między innymi z faktu, że w stosunku do tradycyjnych metod badawczych dostarczają one w krótkim czasie olbrzymiej ilości informacji. Przydatność ich wzrasta szczególnie w badaniach współczesnych procesów morfogenetycznych, wymagających systematycznych obserwacji.

W bogatej literaturze fluwialnej wyróżnić można dwa główne kierunki badawcze stosujące wspomniane techniki. Pierwszy, z nich obejmujący opracowania o charakterze paleogeograficznym, związany jest z badaniem zasięgu teras i układu koryt rzecznych oraz wyróżnianiem zespołów form fluwialnych i generacji meandrów (Falkowski, 1972; Kijowski, 1978; Kozarski, 1976; Kozarski, Rotnicki, 1977, 1978; Mycielska-Dowgiałło, 1972; Ruszczycka-Mizera, 1978; Schumm, 1968; Szumański, 1972; Trafas, 1977).

Drugi kierunek badawczy związany jest z opracowaniami współczesnych procesów rzecznych. Wyróżnić tu można prace o aspekcie hydrologicznym, dotyczące przebiegu i zasięgu fali wezbraniowej. Publikacje te, uzupełnione pomiarami hydrometrycznymi oraz uwzględniające czynnik antropogeniczny (obszary zurbanizowane, zabudowa hydrotechniczna), stanowią niezwykle cenne opracowania stosunków wodnych dorzeczy (Florek, 1978; Lewin, Collin, Hughes, 1979; Morrison, White, 1976). Oddzielną grupę stanowią badania gemorfologiczne, któ-

* Dr Przemysław Gonera, mgr Zbigniew Zwoliński, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Instytut Badań Czwartorzędu, ul. Fredry 10, 61-701 Poznań
Dr Andrzej Kijowski, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Instytut Geografii Fizycznej, Zakład Kartografii Tematycznej i Teledetekcji, ul. Fredry 10, 61-701 Poznań

re czynnik hydrologiczny traktują drugorzędnie, tzn. jako niezbędny element przyczynowo-skutkowego łańcucha zdarzeń. Opracowania te podzielić można na dwie grupy. Pierwsza dotyczy badania form akumulacyjnych występujących w obrębie koryta rzecznego (Cant, 1978; Cant, Walker, 1978; Coleman, 1969; Nordseth, 1973a). Druga grupa prac rozszerza zakres obserwacji na obszar terasy zalewowej, uwzględniając rolę wezbrań w kształtowaniu jej powierzchni (Baraniecki, Ruszczycka-Mizera, 1977; Coleman, 1969; Deutsch, 1976; Drury, 1956; Lewin, 1978; Lewin, Manton, 1975; Nanson, 1980; Nordseth, 1973b; Page, Nanson, 1982; Ruszczycka-Mizera, 1978; Zwoliński, 1983). W większości przypadków zdjęcia lotnicze stanowią jedną z podstawowych technik badawczych, ale dopiero po uzupełnieniu ich obserwacjami terenowymi nabierają pełnej wartości.

Odrębną grupę stanowią prace dotyczące rozmieszczenia roślinności oraz jej sukcesji na terasie zalewowej (Tevershan, Slaymaker, 1976).

W niniejszym opracowaniu przedstawiono typy i rozmieszczenie form akumulacyjnych na wybranych odcinkach terasy zalewowej Warty i Parsęty po wezbraniach w latach 1979—1981, w świetle analizy zdjęć lotniczych. Posiadany materiał dokumentacyjny oraz dane z obserwacji terenowych pozwalają na szczegółowe rozpoznanie niezwykle bogatej rzeźby terasy zalewowej i porównanie jej w skali dwóch rzek odmiennych pod względem reżimu hydrologicznego.

Autorzy składają uprzejme podziękowanie Panu doc. dr. hab. Andrzejowi Kostrzewskiemu za przejrzenie maszynopisu, dyskusję i poczynione uwagi.

OBSZAR BADAŃ

Do rejestracji lotniczej wybrano odcinek doliny Warty między Książem Wielkopolskim a Mosiną. Znajduje się on w całości w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej. Przebieg koryta — początkowo równoleżnikowy — w okolicach Śremu zmienia się na południkowy. W pobliżu Mosiny koryto opuszcza Pradolinę i wchodzi w odcinek przełomowy przez pas moren czołowych stadiału poznańskiego. Na badanym odcinku dominują dwie terasy — zalewowa i nadzalewowa (I i II), a jedynie fragmentami pojawia się terasa III — bifurkacyjna (Bartkowski, 1957). Szerokość terasy zalewowej jest zmienna, osiągając największe wartości w okolicy Śremu i Mosiny (ok. 2000 m). Terasa ta oddzielona jest od wyższej powierzchni nadzalewowej wyraźnymi krawędziami dochodzącymi do 2 m wysokości.

Zlewnia Parsęty leży na obszarze młodoglacjalnym stadiału pomorskiego. Dolina głównej rzeki ma niewyraźnie wykształcony system te-

ras i jedynie fragmentarycznie można spotkać powierzchnię terasy nadzalewowej w rozszerzeniach dolinnych. Do zdalnej rejestracji lotniczej wybrano trzy odcinki wzdłuż profilu podłużnego rzeki w okolicach Krosina, Dębczyna i Bard. W okolicy Krosina rzeka Parsęta wykorzystuje jedną z odnóg Pradoliny Pomorskiej. Wyraźne krawędzie doliny wyznaczają zasięg terasy zalewowej, której szerokość dochodzi do 200 m. Pod Dębczynem rzeka rozcina powierzchnię wysoczyzny morenowej, nie mając dobrze wykształconej doliny. Trudno jest tu określić zasięg terasy zalewowej, ponieważ zależy to od wysokości stanów wezbraniowych. Wody powodziowe rozlewają się na szerokość ok. 500 m — 600 m. Ostatni odcinek w Bardach wykorzystuje również fragment Pradoliny Pomorskiej, a szerokość terasy zalewowej dochodzi do 500 m.

METODY BADAŃ

Zastosowanie zdjęć lotniczych do rejestracji fluwialnego środowiska morfogenetycznego można traktować zarówno w aspekcie ogólnym, jak też szczegółowym w zależności od celu badań. W podejściu ogólnym materiał fotolotniczy umożliwia analizę przedmiotu badań w szerszym zakresie przestrzennym. Rejestracji podlega wówczas nie tylko dolina rzeczna, ale również rzeźba obszaru ją otaczającego. Do tego celu wskazane są zdjęcia lotnicze pionowe, wykonane z wysokiego pułapu.

Z kolei w podejściu szczegółowym chodzi o rejestrację najdrobniejszych elementów rzeźby terasy zalewowej. W związku z tym bardzo przydatne są zdjęcia lotnicze wykonane z niskiego pułapu. Wydaje się, że celowe jest stosowanie zdjęć nachylonych. Zdjęcia te umożliwiają penetrację teledetekcyjną w strefach zasłanianych przez powszechnie występującą roślinność krzewiastą i drzewiastą na powierzchni terasy zalewowej, a szczególnie wzdłuż krawędzi brzegowych i obniżeń terasowych.

Kolejnym zagadnieniem związanym z zastosowaniem zdjęć lotniczych w problematyce fluwialnej jest wybór materiałów fotolotniczych. R. P e s t r o n g (1969) podaje, że rejestracja sieci hydrograficznej najpełniej uwidoczniona jest na zdjęciach podczerwonych. Wybór przedziału podczerwieni fotograficznej jest zatem celowy w przypadku rejestracji obszarów zajętych przez wodę. Należy zaznaczyć, że ze względów fotointerpretacyjnych słuszne jest stosowanie także innych przedziałów widma elektromagnetycznego, między innymi przedziału widzialnego. Wymienić tu można materiały panchromatyczne i kolorowe, które w dużym stopniu umożliwiają identyfikację form i osadów powezbraniowych, znajdujących się już w środowisku subaerycznym.

Istotnym czynnikiem w rejestracji lotniczej jest pora i czas fotografowania. Pora roku determinowana jest oczywiście okresem wystąpienia

i przejścia fali wezbraniowej aż do jej całkowitego lub przynajmniej częściowego ustąpienia z obszaru terasy zalewowej. Natomiast czas wykonania zdjęć w ciągu dnia zależy od warunków atmosferycznych. Wybór terminu rejestracji fotolotniczej jest ważny z punktu widzenia oświetlenia powierzchni badanego obiektu, a w konsekwencji obróbki densytometrycznej

W niniejszym opracowaniu wykorzystano materiały fotolotnicze z różnych źródeł (tab. 1). Materiały te obejmują zdjęcia lotnicze pionowe i nachylone wykonane kamerami RC-8, AFA-BAF 21S oraz Hasselblad 500 EL/M. Stosowano materiały panchromatyczne kolorowe (naturalne) i podczerwone. Rejestracji dokonywano najczęściej po wezbraniach wiosennych, głównie w miesiącu maju. Zdjęcia wykonywano z pułapów w granicach 100 m — 2500 m.

Dokonując wstępnej oceny przydatności zastosowanych materiałów fotograficznych, należy stwierdzić, że zdjęcia wykonane w podczerwieni fotograficznej służyły do interpretacji i kartowania powierzchni wodnych, natomiast zdjęcia panchromatyczne i kolorowe służyły do wydzielania form zbudowanych z osadów piaszczystych i wyznaczenia poprzez barwę powierzchni, na których wystąpiły powleczenia mułkowe.

Kilkuletni okres zdalnej rejestracji wybranych odcinków terasy zalewowej Warty i Parsęty kwalifikuje uzyskane zdjęcia lotnicze jako powtarzalne. Powtarzalność zdjęć jest podstawą stworzenia banku informacji w zakresie przestrzennej i czasowej zmienności morfologicznej dna doliny rzecznej, a tym samym dynamicznego ujęcia najmłodszych osadów i form na terasie zalewowej. Zaletą takiego banku informacji jest możliwość dowolnego regulowania interwału rejestracji teledetekcyjnej w cyklu jednorocznym bądź wieloletnim.

KRYTERIA WYDZIELANIA ZASIĘGU TERASY ZALEWOWEJ

Terasa zalewowa, będąca przedmiotem badań niniejszego opracowania, wymaga krótkiego przynajmniej określenia i zdefiniowania. Definicja interesującej nas jednostki morfologicznej pojawia się często u wielu autorów (m.in. A l l e n, 1970; L e o p o l d, W o l m a n, M i l l e r, 1964, N a n s o n, 1980; P o u n d e r, 1979; R o z a n o v, 1980). Najpełniejsza wydaje się definicja zawarta w *Encyklopedii geomorfologicznej* Fairbridge'a. Określa ona terasę zalewową jako płaską powierzchnię, przylegającą bezpośrednio do koryta rzecznego, zbudowaną z luźnych osadów pochodzących z materiału współcześnie transportowanego przez rzekę, okresowo zalewaną przez wody powodziowe (S c h m u d d e, 1968). Z przedstawionej definicji wynikają jednoznacznie kryteria wydzielania zasięgu terasy zalewowej. Dlatego też w odniesieniu do zdjęć lotniczych proponuje się również:

Tabela 1
Table 1

Materiały fotolotnicze teras zalewowych Warty i Parsęty
Air-photo materials of the Warta River and Parsęta River floodplains

Wykonawca (Preformer) Kamery (Camera)	Termin wykonania zdjęć (Time of photographing)	Obszar badań (Area exploration)	Rodzaj filmu (Photographic material)	Oryginalna skala zdjęć (Orginal scale air photo)	Rodzaj zdjęć lotniczych (Type air photo)
Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne	1959 r.	rzeka Warta	panchromatyczny	1 : 10 000	pionowe
Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne	1968 r.	Parsęta	panchromatyczny podczerwony	1 : 17 000	pionowe
Pracownia Interpretacji Zdjęć Lotniczych (PIZL) Instytutu Geografii Hasselblad 500EL/M	9.05.79 r.	Parsęta	panchromatyczny ORWO kolor naturalny ORWO UT-18	1 : 1 000 1 : 1 000	nachylone nachylone
PIZL Instytutu Geografii Hasselblad 500EL/M	23.07.79 r.	Warta	podczerwony Kodak 2424 kolor naturalny ORWO UT-18	1 : 1 000 1 : 2 000	nachylone nachylone
Dowództwo Wojsk Lotniczych AFA-BAF 21S	10.05.80 r.	Warta	panchromatyczny Fotopan 10	1 : 5 000	pionowe
PIZL Instytutu Geografii Hasselblad 500EL/M	12.05.80 r.	Parsęta	podczerwony Kodak 2424	1 : 2 000	nachylone
Zarząd Topograficzny Wojska Polskiego RC-8	15.05.81 r.	Warta	podczerwony Kodak 2424 panchromatyczny	1 : 7 500 1 : 10 000	pionowe pionowe

— kryterium morfologiczne,
— kryterium litologiczne,
— kryterium hydrologiczne.

Zastosowanie kryterium morfologicznego polega przede wszystkim na analizie różnic morfometrycznych w wykształceniu form na terasie zalewowej i na wyższych terasach. W przypadku braku wyższych teras kryterium to rozpatrywane jest w aspekcie różnic morfograficznych między terasą zalewową a obszarem sąsiadującym z doliną (fot. 1).

Kryterium litologiczne związane jest ze współczesną akumulacją osadów pozakorytowych, gdyż wody powodziowe są ich głównym nośnikiem w obrębie terasy zalewowej. Tak więc zasięg powezbraniowych osadów piaszczystych i mułkowych może wyznaczyć zasięg terasy zalewowej (fot. 2).

Wydaje się, że najbardziej zgodne z naturą terasy zalewowej jest kryterium hydrologiczne (G o n e r a, w druku). Wzbierające i rozlewające się na terasie zalewowej wody pozwalają dokładnie określić zasięg terasy. Należy jednak zaznaczyć, że będą to nie tylko obszary terasy zalewowej, ale również nawiązujące do niej obniżenia erozyjne wyższej terasy, które mogą ulegać zalaniu (fot. 3).

Przedstawione tu kryteria nie są jednak pozbawione pewnych wad. I tak zasięg fali wezbraniowej w danym roku nie musi się pokrywać z granicą morfologiczną terasy. Także współczesne skutki morfologiczne i litologiczne zależą od wielu czynników (Z w o l i ń s k i, 1983) i nie zawsze zgodne są z wielkością fali wezbraniowej. W tej sytuacji w przeważającej liczbie przypadków kryteria te pozwalają raczej na określenie zasięgu poszczególnych fal wezbraniowych na terasie zalewowej aniżeli zasięgu terasy kształtowanej w ciągu pewnego cyklu geologicznego. Nie wyklucza to jednak możliwości wyznaczenia zasięgu terasy zalewowej dla określonych warunków hydrologicznych.

Z dotychczasowych rozważań wynika, że najlepszym kryterium do wyznaczania obszaru terasy zalewowej wydaje się być kryterium fizjograficzne, które w sposób kompleksowy oddaje cechy analizowanego subśrodowiska fluwialnego. Pozwala ono — poprzez porównanie charakteru powierzchni — na rozróżnienie terasy zalewowej od wyższych teras lub obszarów otaczających dolinę (fot. 4 i 5). Obejmuje ono analizę cech fizyczno-geograficznych badanych powierzchni, a także uwzględnia rolę czynnika antropogenicznego (np. użytkowanie terenu).

PODSTAWY INTERPRETACJI ZDJĘĆ LOTNICZYCH

W interpretacji zdjęć lotniczych terasy zalewowej w aspekcie jej współczesnego modelowania zasadniczego znaczenia nabiera kluczowe kryterium fotointerpretacyjne, a mianowicie zróżnicowanie fototonalne

(O s t a f i c z u k, 1978). Dla zdjęć panchromatycznych określono względną skalę fototonów odpowiadającą różnym efektom rzecznej działalności akumulacyjnej wód wezbraniowych na terasie zalewowej:
— czarne i bardzo ciemne: obszary aktualnie zalane wodą,
— ciemnoszare: obszary akumulacji osadów mułkowych w warunkach wody stagnującej,
— jasnoszare: obszary akumulacji osadów mułkowych w warunkach małej prędkości przepływu i miąższości wody,
— bardzo jasne i białe: obszary akumulacji osadów piaszczystych.

Oprócz wymienionych odmian fototonów można także wyróżnić tony szare związane z obszarami nie zalanymi przez wodę podczas wezbrania.

Zróżnicowanie tonalne jest zatem punktem wyjścia do określenia typów akumulacyjnej działalności wód wezbraniowych spływających po powierzchni terasy zalewowej. Pierwszy typ działalności akumulacyjnej związany jest z akumulacją osadów piaszczystych przez wody stosunkowo szybko płynące. Obszary, na których obserwuje się ten typ akumulacji, zlokalizowane są w bezpośrednim lub bliskim sąsiedztwie koryta rzecznego. Drugi typ działalności akumulacyjnej obejmuje akumulację osadów mułkowych w różnych częściach terasy zalewowej. W obrębie tego typu można wyróżnić dwa podtypy, a mianowicie: depozycję przez wody wolno płynące po powierzchni terasy zalewowej oraz depozycję w wodach stagnujących w różnego rodzaju zagłębieniach terasowych. Wydzielenie tych podtypów jest możliwe dzięki zróżnicowaniu fototonalnemu, wynikającemu z różnej wilgotności podłoża. Osady mułkowe, pochodzące z akumulacji przez wody stagnujące, utrzymują dłużej większą wilgotność aniżeli osady mułkowe zdeponowane przez wody wolno płynące. Wyrazem różnej wilgotności tych osadów są przeciwstawne odcienie szarości, odpowiednio: ciemne i jasne. Należy zauważyć, że na zdjęciach fototony ciemnoszare częściej występują w dalszych odległościach od koryta rzecznego aniżeli fototony jaśniejsze, które odczytano również bezpośrednio przy korycie.

W wydzielaniu wymienionych typów dobrym, uzupełniającym kryterium okazała się barwa (O s t a f i c z u k, 1978), określana na materiale diapozytywowym i kolorowych pozytywach. Barwa w sposób zadowalający różnicuje litologicznie i wilgotnościowo złożone świeżo osady, determinując typy akumulacji wezbraniowej.

Przedstawione typy działalności akumulacyjnej wód wezbraniowych na powierzchni terasy zalewowej wynikają z różnej organizacji spływu wód (rozkładu energii) w środowisku sedymentacyjnym terasy zalewowej (B e e r b o w e r, 1964). Są one także zgodne z koncepcją J. R. L. A l l e n a (1970), wskazującą na związki między wzrostem odległości od głównego koryta rzeki a charakterem osadów powezbraniowych (rozkładem materii). Zasygnalizowanie różnej cyrkulacji systemów energii

efektywnej oraz odpowiadającego jej rozprzestrzeniania i miąższości materii na powierzchni terasy zalewowej jest ważne z morfologicznego punktu widzenia.

Działalność akumulacyjna wód wezbraniowych na terasie zalewowej przejawia się występowaniem wielu form, które bardzo ogólnie przyjęto nazywać powezbraniowymi pokrywami aluwialnymi. Stosując kryteria fototonu i barwy, można je podzielić na pokrywy piaszczyste i pokrywy mułkowe dwojakiego pochodzenia. Nie należy jednak wykluczać możliwości istnienia także pokryw mieszanych, tzn. zawierających zarówno osady piaszczyste, jak i mułkowe. Są one charakterystyczne dla dwóch wezbrań, występujących po sobie w krótkim odstępie czasu. Taka sytuacja miała miejsce na Parsęcie wiosną 1981 roku. Wówczas to pokrywy piaszczyste pierwszego wezbrania zostały powleczone cienką warstewką mułkową drugiego wezbrania po upływie dwóch tygodni. Stąd też ważnym elementem w fotointerpretacji powezbraniowych pokryw aluwialnych są równoległe obserwacje terenowe.

W procedurze fotointerpretacyjnej pokryw powezbraniowych omówione cechy fototonu i barwy okazują się niewystarczające. W szczegółowym rozpoznawaniu świeżych pokryw akumulacyjnych nie mniejsze znaczenie mają analizy lokalnych sytuacji topograficznych, lokalizacji i kształtu pokryw oraz struktury obrazu. Analiza lokalnej sytuacji topograficznej obejmuje przede wszystkim orientację w układzie głównego koryta rzeki i jego przebiegu na szerszym tle morfologicznym dna doliny. Ponadto dotyczy poznania parametrów geometrycznych koryta, charakteru krawędzi brzegowych, oceny rzeźby przedwezbraniowej i rozmieszczenia szaty roślinnej na terasie. Lokalizacja pokryw określa ich położenie w odniesieniu do koryta rzeki, deniwelacji terasy i występowania przeszkód sztucznych i naturalnych na powierzchni terasy. Lokalizacja i kształt pokryw są w zasadzie główną przesłanką identyfikacyjną i typologiczną. Gwarancją poprawności procesu rozpoznawania pokryw na zdjęciach lotniczych jest znajomość ich morfogenezy.

W wielu przypadkach kryterium suplementarnym jest struktura obrazu, będąca wskaźnikiem odrębności pewnych elementów lub obszarów na zdjęciu lotniczym (O s t a f i c z u k, 1978). Cecha ta jest szczególnie przydatna do wyznaczania przestrzennych zasięgów poszczególnych form i typów osadów powezbraniowych.

IDENTYFIKACJA POWEZBRANIOWYCH POKRYW ALUWIALNYCH

Przedstawimy teraz typologię akumulacyjnych skutków powezbraniowych na przykładzie analizowanych rzek. Opisane zostały wszystkie te powezbraniowe pokrywy aluwialne, które były możliwe do rozpoznania na podstawie procedury fotointerpretacyjnej. Pokrywy te rozmie-

szczone są w różnych częściach terasy zalewowej, a więc na powierzchniach płaskich i utrwalonych łach meandrowych, w obrębie basenów i zagłębień terasowych, koryt przelewowych i terasowych oraz starorzeczy. Reprezentowane są przez pojedyncze formy lub ich zespoły oraz rozległe pokrywy o różnym kształcie i miąższości.

WAŁY PRZYKORYTOWE

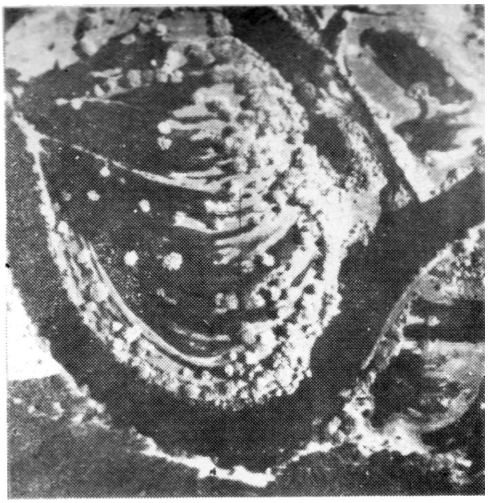
Powszechnie występującymi formami akumulacji osadów piaszczystych na terasie zalewowej są wały przykorytowe (Collinson, 1978). Na zdjęciach lotniczych odznaczają się jasnym lub białym fototonem (fot. 6). Zlokalizowane są w bezpośrednim sąsiedztwie koryta rzecznego. Wały przykorytowe towarzyszą erozyjnym krawędziom wklęsłym i o prostym przebiegu, rzadziej brzegom wypukłym o małej krzywiźnie, gdzie nie zachodzą procesy składania materiału w postaci łach meandrowych. Wały występują zarówno przy krawędziach pozbawionych wysokiej roślinności, jak również na brzegach porośniętych krzewami i drzewami. Podłużny przebieg wałów jest ciągły lub przerywany. Trzeba jednak zaznaczyć, że przebieg przerywany wałów może być w niektórych przypadkach pozorny, ponieważ ciągłość wałów bywa czasem zamaskowana roślinnością krzewiasto-drzewiastą. Wały przykorytowe złożone na terasie zalewowej Warty przyjmują większe rozmiary aniżeli analogiczne formy w dolinie Parsęty.

STOŻKI PIASZCZYSTE

Formy te najczęściej znajdują się w bliskim sąsiedztwie koryta, poza strefą brzegowej roślinności krzewiastej i drzewiastej, rzadziej natomiast na pozostałych częściach terasy. Mają charakterystyczny kształt trójkąta, przeważnie równoramiennego, którego wierzchołek jest różnie zorientowany względem koryta zależnie od lokalnej sytuacji morfologicznej terasy zalewowej. W przypadku wierzchołka skierowanego w głąb terasy forma taka przybiera postać glifu krewasowego (Coleman, 1969), towarzyszącego nierzadko zewnętrznym stronom wałów przykorytowych (fot 7). Jeżeli natomiast wierzchołek skierowany jest odwrotnie, a więc w stronę koryta, to wówczas może to być stożek napływowy lub deltowy (Zwoliński, 1983). W rozróżnieniu tych dwóch form pomocna jest struktura obrazu (fot. 8). Stożki deltowe mają wyraźną linię zasięgu swojego czoła, natomiast czoła stożków napływowych charakteryzują się strukturą przejściową między strukturą samego stożka a strukturą obszaru, na którym są złożone. Zarówno na Warcie, jak i na Parsęcie kształty spotykanych stożków piaszczystych odbiegają od idealnego ich wyglądu. Spowodowane to jest przeważnie dużym nagromadzeniem tych form oraz nakładaniem i bocznym łączeniem się stożków.

Fot. 1. Kryterium morfologiczne — na podstawie różnic parametrów geometrycznych dwóch generacji paleomeandrów wyróżniono terasę zalewową (środkowa część zdjęcia) i nadzalewową. Terasa zalewowa Warty koło Rogalina, data fotografowania — 15. 05 81, oryginalna skala zdjęcia 1 : 30 000

Phot. 1. Morphological criterion: differences in geometric parameters between two generations of paleomeanders provide a basis for distinguishing between a floodplain (centre) and an upper terrace. The floodplain along the Warta near Rogalin, photo of May 15th, 1981, original scale 1 : 30 000



Fot. 3. Kryterium hydrologiczne — rozprzestrzenienie wód wezbraniowych przy określonym wodostanie (czarny fototon) wyznacza zasięg terasy zalewowej. Terasa zalewowa Warty koło Rogalina, data fotografowania — 10. 05. 80, oryginalna skala zdjęcia 1 : 5000

Phot. 3. Hydrological criterion: spread of flood water at a given water stage (dark tone) marks the extent of a floodplain. The floodplain along the Warta near Rogalin, photo of May 10th, 1980, original scale 1 : 5000

Fot. 2. Kryterium litologiczne opiera się na wizualnej analizie zasięgów powezbraniowych osadów piaszczystych (górna część zdjęcia — jasny fototon) i mułkowych (dolna część zdjęcia — szary fototon wokół starorzecza). Terasa zalewowa Parsęty koło Dębczyna, data fotografowania — 9. 05. 79, zdjęcie skośne

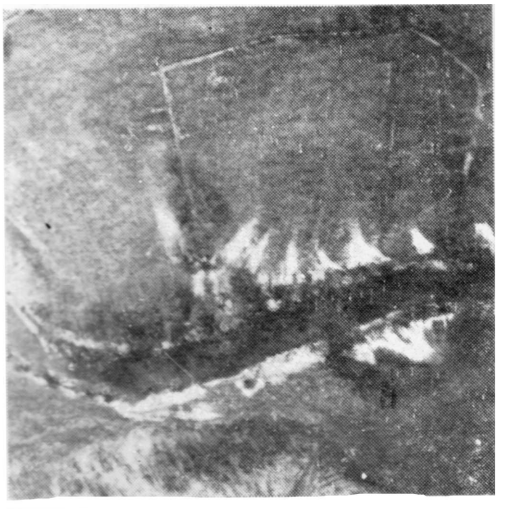
Phot. 2. Lithological criterion based on visual analysis of the extent of flood sandy (top: light tone) and silty (bottom: grey tone around the abandoned channel). The floodplain along the Parsęta near Dębczyno, photo of May 9th, 1979, unvertical air-photo

Fot. 4. Kryterium fizjograficzne umożliwia wydzielenie terasy zalewowej z obszarów otaczających dolinę, na których nie występują wyższe poziomy terasowe. Terasa zalewowa Parsęty koło Bard, data fotografowania — 1968 r., oryginalna skala zdjęcia podczerwonego 1 : 17 000

Phot. 4. Physiographical criterion permits a floodplain to be distinguished from the area surrounding a valley where no upper terrace levels are present. The floodplain along the Parsęta near Bardy, photo of 1968, original scale of infrared air-photo 1 : 17 000

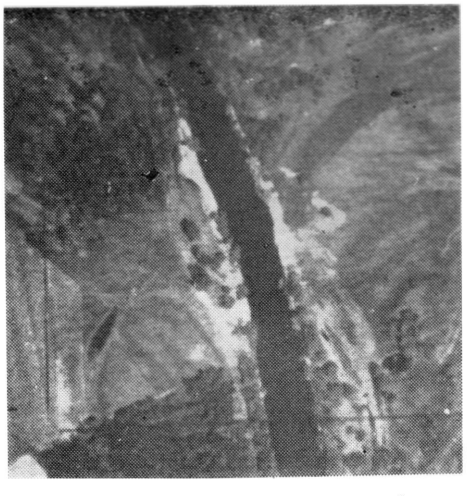
Fot. 5. Kryterium fizjograficzne — na podstawie użytkowania terenu rozróżniono terasę zalewową (dolna część zdjęcia) od terasy nadzalewowej. Terasa zalewowa Warty koło Mechlina, data fotografowania — 1959 r. oryginalna skala zdjęcia 1 : 10 000

Phot. 5. Physiographical criterion: land-use characteristics provide a basis for distinguishing a floodplain (bottom) from an upper terrace. The floodplain along the Warta near Mechlin, photo of 1959, original scale 1 : 10000



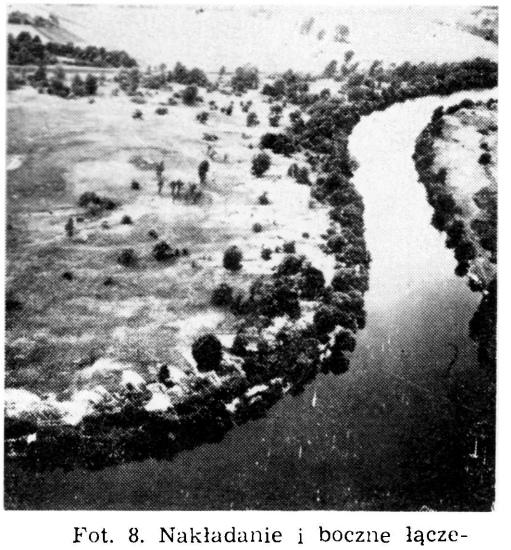
Fot. 7. Glify krewasowe (jasny fototon) dobudowane do zewnętrznych stron wałów przykorytowych, znajdujących się w bliskim sąsiedztwie koryta między krzewami i drzewami. Parsęta w okolicy Krosina, data fotografowania — 9. 05. 79, zdjęcia skośne

Phot. 7. Crevasse splays (light tone) added to the outer side of natural levees lying in the vicinity of the channel among shrubs and trees. The Parsęta near Krosino, photo of may 9th, 1979, unvertical air-photo



Fot. 6. Wały przykorytowe (jasny fototon) utworzone przez powódź wiosenną. Warta koło Mosiny, data fotografowania — 15. 05. 81, oryginalna skala zdjęcia 1 : 30 000

Phot. 6. Natural levees (light tone) produced by spring flood. The Warta near Mosina, photo of May 15th, 1981, original scale 1 : 30 000



Fot. 8. Nakładanie i boczne łączenie się stożków napływowych i deltowych (jasny fototon po lewej stronie koryta). Warta w okolicy Książa, data fotografowania — 23. 07. 79, zdjęcie skośne

Phot. 8. Overlapping and laterally coalescing alluvial and deltaic cones (light tone on the left side of the channel). The Warta near Książ, photo of July 23rd, 1979, unvertical air-photo

Fot. 9. Mułkowe wstęgi terasowe wkraczające w głąb terasy zalewowej (górna część zdjęcia). Warta w okolicy Książa, data fotografowania — 23. 07. 79, zdjęcie skośne

Phot. 9. Silty terrace ribbons entering the inside of the floodplain (top). The Warta near Książ, photo of July 23rd, 1979, unvertical air-photo

Fot. 11. Akumulacja osadów piaszczystych (jasny fototon) na kolejnych wałach meandrowych. Parsęta koło Dębczyna, data fotografowania — 9. 05 79, zdjęcie skośne

Phot. 11. Deposition of sandy sediments (light tone) on successive meander scroll ridges. The Parsęta near Dębczyno, photo of May 9th, 1979, unvertical air-photo

Fot. 10. Zlokalizowane za drzewami cienie piaszczyste wskazują lokalne kierunki płynięcia wód wezbraniowych na terasie zalewowej. Warta w okolicy Książa, data fotografowania — 23. 07. 79, zdjęcie skośne

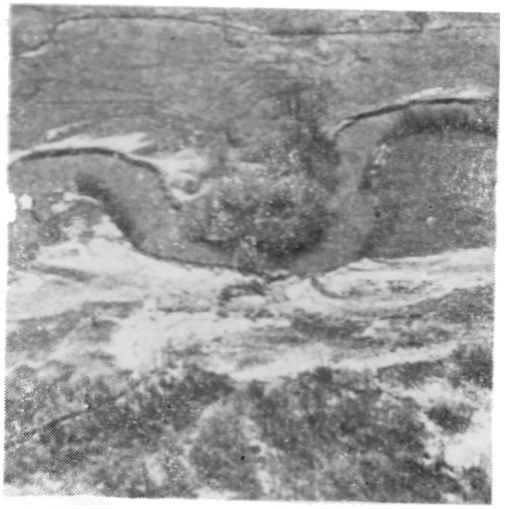
Phot. 10. Sand shadows lying behind trees indicate local directions of flood water flow over the floodplain. The Warta near Książ, photo of July 23rd, 1979, unvertical air-photo

Fot. 12. Wypełnianie osadami mułkowymi (ciemnoszary fototon) meandrowych zagłębień międzywałowych. Parsęta w okolicy Karlina, data fotografowania — 9. 05. 79, zdjęcie skośne

Phot. 12. Filling of meander scroll swales with silty sediments (darkgrey tone). The Parsęta near Karlino, photo of May 9th, 1979, unvertical air-photo

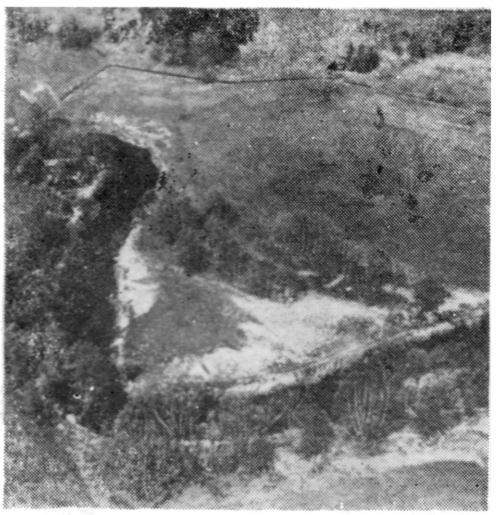
Fot. 13. Wody stagnujące (czarny fototon) w meandrowych zagłębieniach międzywałowych. Warta koło Rogalina, data fotografowania — 6. 06. 81, oryginalna skala zdjęcia 1 : 5000

Phot. 13. Stagnant (black tone) in meander scroll swales. The Warta near Rogalin, photo of June 6th, 1981, original scale 1 : 5000



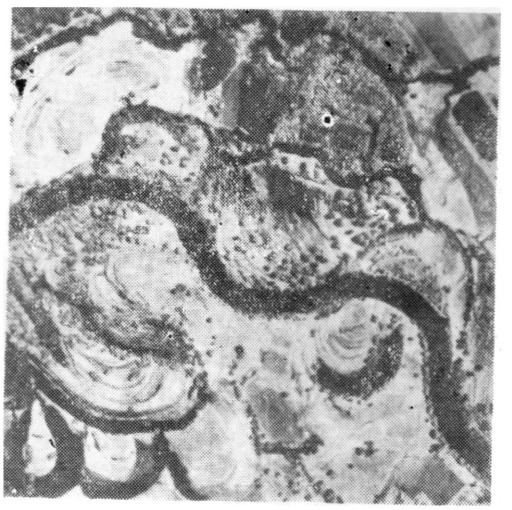
Fot. 15. Zróżnicowana akumulacja osadów piaszczystych i mułkowych (niejednorodna struktura obrazu) w obrębie koryta przelewowego. Parsęta koło Krosina, data fotografowania — 9. 05. 79, zdjęcie skośne

Phot. 15. Varying deposition of sandy and silty sediments (nonuniform structure of the image) within a chute. The Parsęta near Krosino, photo of May 9th, 1979, unvertical air-photo



Fot. 14. Meandrowe pokrywy piaszczyste (jasny fototon) złożone na utrwalonej łasze meandrowej przy wejściu i wyjściu z zakola. Parsęta koło Krosina, data fotografowania — 9. 05. 79, zdjęcie skośne

Phot. 14. Meander sand covers (light tone) deposited on a vegetated point bar at the upstream and downstream ends of a bend. The Parsęta near Krosino, photo of May 9th, 1979, unvertical air-photo



Fot. 16. W korytach terasowych górna część zdjęcia) stagnuje woda, w której następuje sedymentacja osadów mułkowych. Warta koło Rogalina, data fotografowania — 5. 05. 81, oryginalna skala zdjęcia 1 : 30 000

Phot. 16. Water in which deposition of silty sediments takes place becomes stagnant in terrace channels top). The Warta near Rogalin, photo of May 5th, 1981, original scale : 30 000

Fot. 17. Pokrywy piaszczyste (jasny fototon w dolnej części zdjęcia) wkraczające do starorzecza (ciemny fototon). Parsęta koło Krosina, data fotografowania — 9. 05. 79, zdjęcie skośne

Phot. 17. Sand covers (light tone at the bottom) enetering the oxbow lake (dark tone). The Parsęta near Krosino, photo of May 9th, 1979, unvertical air-photo

Fot. 19. Sedymentacja osadów mułkowych (ciemnoszary fototon) w obniżeniach terasowych. Parsęta koło Karlina, data fotografowania — 9. 05. 79, zdjęcie skośne

Phot. 19. Deposition of silty sediments (dark-grey tone) in terrace depressions. The Parsęta near Karlino, photo of May 9th, 1979, unvertical air-photo

Fot. 18. Cienkie powleczenia mułkowe (jasny fototon — materiał przesuszony) w wypełnionych osadami starorzeczach (górna część zdjęcia). Parsęta koło Osówka, data fotografowania — 9. 05. 79, zdjęcie skośne

Phot. 18. Thin mud covers (light tone: dried material) in sediment-filled paleomeanders (top). The Parsęta near Osówko, photo of May 9th, 1979, unvertical air-photo

Fot. 20. Osady mułkowe złożone przez wody wolno płynące (jasny fototon) i stagnujące (ciemny fototon) w obniżeniach terasowych. Parsęta koło Bard, data fotografowania — 9. 05. 79, zdjęcie skośne

Phot. 20. Silty sediments deposited by slow-flowing water (light tone) and by stagnant water (dark tone) in terrace depressions. The Parsęta near Bardy, photo of May 9th, 1979, unvertical air-photo

Podobnie jak wały przykorytowe, również stożki na terasie zalewowej Warty są większe niż na Parsęcie.

WSTĘGI TERASOWE

Na płaskich powierzchniach terasy zalewowej, wolnych od wysokiej roślinności, zaznaczają się pasmowo wstęgi terasowe (Zwoliński, 1983). Przebieg tych form (fot. 9) obrazuje swoisty układ roztokowy (zwężony i wydłużony) w przypadku depozycji osadów piaszczystych (Parsęta), natomiast osady mułkowe (Warta) tworzą długie pasy o różnej szerokości, wyciągnięte w głąb terasy zalewowej. Wielkości wstęg terasowych dopasowują się do lokalnych warunków terasy. Omawiane formy są dobrymi wskaźnikami kierunków spływania poszczególnych strumieni wód wezbraniowych na powierzchni terasy zalewowej.

CIENIE PIASZCZYSTE

Największe skupienie cieni piaszczystych (Klimek, 1972) obserwuje się przy porośniętych krawędziach brzegowych. Cienie rozwijają się za różnymi przeszkodami; najczęściej są nimi krzewy i drzewa (fot. 10). Z tego też względu są bardzo trudne do odczytania na zdjęciach lotniczych doliny Parsęty, gdyż prawie w całości są schowane pod koronami drzew i krzewów. W odniesieniu do terasy zalewowej Warty cienie piaszczyste przybierają większe rozmiary i usytuowane są za pojedynczymi drzewami znajdującymi się w dalszej odległości od koryta. Cienie piaszczyste, podobnie jak wstęgi terasowe, są dobrymi wskaźnikami przy wyznaczaniu lokalnych kierunków płynięcia wody na terasie.

ŁACHY MEANDROWE

Analizie fotointerpretacyjnej poddano te części łach meandrowych, które są już na stałe utrwalone roślinnością. Akumulacja w ich obrębie odbywa się w trojaki sposób (Zwoliński, 1983). Pierwszy z nich polega na powlekaniu materiałem piaszczystym najwyższych partii meandrowych łach wałowych (fot. 11). Następuje wówczas nadbudowywanie wałów meandrowych (Jackson II, 1975). Ich przebieg podkreślony jest jasnym i białym fototonem, odzwierciedlającym obecność osadów piaszczystych. Z kolei ciemnym fototonem zaznaczają się zagłębienia międzywałowe, co związane jest z akumulacją materiału mułkowego (fot. 12). W wielu zagłębieniach w czasie wykonywania nalotów występowała jeszcze woda (fot. 13). Na Warcie omawiane sposoby akumulacji mają charakter powszechny, a w przypadku Parsęty obserwowano je jedynie w biegu dolnym oraz w strefie przejściowej między biegiem środkowym a dolnym.

Trzeci sposób akumulacji ma miejsce w partiach brzeżnych podstawy łachy meandrowej od strony wejścia i wyjścia zakola (fot. 14). Proces ten jest uzależniony od istnienia płaskiej i utrwalonej roślinnością powierzchni łachy. W wielu przypadkach (zarówno na Warcie, jak i na Parsęcie) meandrowe pokrywy piaszczyste są zasłaniane przez wysoką roślinność, która na piaszczystym podłożu łachy znajduje dogodne warunki do kolonizacji (Tevershaam, Slaymaker, 1976).

KORYTA PRZELEWOWE I TERASOWE

Z łachami meandrowymi związane są koryta przelewowe (McGowen, Garner, 1970). Wykształcenie osadów piaszczystych w obrębie tych form jest zróżnicowane, co podkreśla niejednorodna struktura obrazu (fot. 15). Akumulacja tego rodzaju ma różny zasięg przestrzenny, a ponadto zdarza się, że zasięg ten jest nieczytelny z powodu występowania drzew i krzewów na obrzeżeniach koryt przelewowych.

Koryta terasowe reprezentowane są na powierzchni terasy zalewowej przez obniżenia linijne, rozwijające się na różnych założeniach genetycznych. Znajdują się one dalej od głównego koryta rzeki (fot. 16). W związku z tym pozostająca w nich dłużej woda powoduje powlekanie osadów piaszczystych nieciągłą warstewką materiału mułkowego, co jest dobrze widoczne po całkowitym ustąpieniu wody. Podobne powleczenia mułkowe można często zaobserwować w obrębie koryt przelewowych (por. fot. 15).

STARORZECZA

Trudno jest określić formy akumulacji w obrębie starorzeczy Warty i Parsęty, gdyż większość z nich jest jeszcze wypełniona wodą silnie zeutrofizowaną. Można jedynie wnosić o typie działalności akumulacyjnej na podstawie fototonów obszarów leżących wokół starorzeczy (fot. 17). Łatwiejsza interpretacja jest w przypadku starorzeczy całkowicie wypełnionych osadami mineralnymi i organicznymi (fot. 18). Wynika z niej, iż dominuje tu akumulacja osadów mułkowych, które nie tworzą ciągłej i zbyt miąższej pokrywy.

BASENY I ZAGŁĘBIENIA TERASOWE

Baseny terasowe obejmują zasadniczo prawie całą powierzchnię terasy zalewowej (poza wałami przykorytowymi) (Allen, 1970; Gregory, Walling, 1973). W obrębie basenów terasowych zachodzi akumulacja osadów piaszczystych i mułkowych, której różne odmiany zostały już omówione. Jednakże najbardziej typową akumulacją basenów jest deponowanie osadów mułkowych przez wody wolno płynące oraz

stagnujące (fot. 19). Pierwszy z wymienionych typów akumulacji ma miejsce zarówno tuż przy samym korycie rzeki, jak i w większym oddaleniu, na powierzchniach płaskich, na których występuje roślinność trawiasta (fototon jaśniejszy). Akumulacja mułków przez wody stagnujące (fototon ciemnoszary) ma miejsce w różnego rodzaju zagłębieniach powierzchni terasowej. Zagłębienia te nierzadko zajęte są przez bagna. Wokół wielu zagłębień spotyka się obwódki o bardzo jasnym fototonie, zbliżonym do fototonu charakterystycznego dla osadów piaszczystych (fot. 20). Wyjaśnienia tej zbieżności fototonów należy upatrywać w tym, że mułki, złożone na obrzeżeniach zagłębień przez wody wolno płynące, po pewnym okresie przesuszenia dają na zdjęciach lotniczych jaśniejsze odcienie aniżeli złożone przez wody stagnujące w zagłębieniach mułki o większej miąższości i przez to dłużej utrzymujące wilgotność, dające ciemniejsze odcienie. Niezależnie od tej złudnej konwergencji tonalnej spotyka się zagłębienia terasowe, w których akumulowane są również stożki piaszczyste. Tego rodzaju zjawiska mają miejsce w zagłębieniach położonych blisko głównego koryta rzecznego.

GŁÓWNE TENDENCJE AKUMULACJI W SUBŚRODOWISKU TERASY ZALEWOWEJ

Dokonany przegląd skutków i form akumulacyjnych na powierzchni terasy zalewowej po okresach wezbraniowych na Warcie i Parsęcie pozwala na krótkie omówienie głównych kierunków akumulacji terasowej. Działalność akumulacyjna wód wezbraniowych na terasie zalewowej doprowadza do:

— powstawania nowych form,
— nadbudowywania istniejących elementów rzeźby przedwezbraniowej,
— wypełniania obniżeń terasowych.

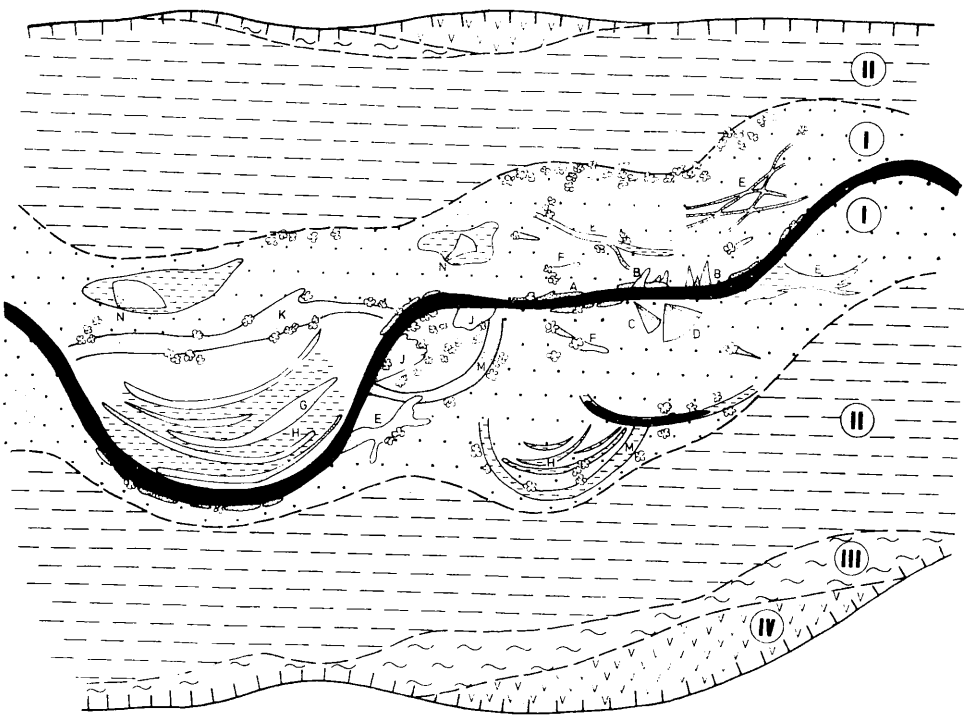
Po każdym wyraźnie morfotwórczym wezbraniu spotykano na terasie zalewowej nowe formy, a więc takie, które w porównaniu z poprzednim wezbraniem pojawiły się po raz pierwszy w danym miejscu; były to: wały przykorytowe, stożki piaszczyste, wstęgi terasowe i cienie piaszczyste. Z kolei nadbudowywaniu ulegały wały przykorytowe, stożki piaszczyste, łachy meandrowe i baseny terasowe. Wreszcie wypełnianiu podlegały zagłębienia międzywałowe, koryta przelewowe i terasowe, starorzecza i zagłębienia terasowe. Z klasyfikacji tej wynika, że powstające nowe formy zbudowane są w zasadzie z osadów piaszczystych, natomiast pozostałe rodzaje akumulacji obejmują zarówno osady piaszczyste, jak i mułkowe.

Przedstawiony charakter działalności akumulacyjnej wód wezbraniowych na terasie zalewowej wskazuje na dominację procesów nadbudowywania i wypełniania. Oznacza to, że wiekszość efektów poszczegól-

nych wezbrań nakłada się, powodując względny przyrost pionowy osadów na powierzchni terasy zalewowej. Dzieje się tak do momentu, kiedy skutki sedymentacyjne i morfologiczne procesów akumulacji spowodują kolejną zmianę w redystrybucji energii i materii w subśrodowisku sedymentacyjnym terasy zalewowej, tj. zmianę przejawiającą się w zdecydowanej reorganizacji spływu wody po terasie.

WNIOSKI KOŃCOWE

Przegląd zebranej dokumentacji fotolotniczej z Warty i Parsęty pozwala na sprecyzowanie pewnych prawidłowości w rozwoju i rozmieszczeniu wezbraniowych procesów akumulacyjnych oraz ich skutków



Rys. 1. Wyidealizowany model powezbraniowych skutków akumulacyjnych: **A** — wały przykorytowe, **B** — glify krewasowe, **C** — stożki deltowe, **D** — stożki napływowe, **E** — wstęgi terasowe, **F** — cienie piaszczyste, **G** — wały meandrowe, **H** — zagłębienia międzywałowe, **J** — meandrowe pokrywy piaszczyste, **K** — koryta przelewowe, **Ł** — koryta terasowe, **M** — starorzecza, **N** — zagłębienia terasowe; **I—IV**: kolejne strefy (objaśnienia w tekście)

Fig. 1. Idealised model of flood accumulation effects:
A — natural leeves, **B** — crevasse splays, **C** — delta cones, **D** — alluvial cones, **E** — floodplain ribbons, **F** — sand shadows, **G** — meander scroll ridges, **H** — meander scroll swales, **J** — meander sand covers, **K** — chute channels, **Ł** — floodplain channels, **M** — paleomeanders, **N** — floodplain depressions; **I—IV**: successive zones (explanations in text)

w dnach dolin meandrujących rzek nizinnych. Ilustracją tych prawidłowości jest wyidealizowany model powezbraniowych skutków akumulacyjnych, zamieszczony na rys. 1. W obrębie tego modelu wyróżniono cztery strefy związane z określonym typem akumulacji wezbraniowej na terasie zalewowej. Ponadto strefy te nawiązują także w pewnym sensie do określonych wcześniej kryteriów wydzielania zasięgu terasy zalewowej

Strefa I, przykorytowa zawiera największe zróżnicowanie litologiczne i morfologiczne akumulacyjnych skutków powezbraniowych. W strefie II występują przede wszystkim różnego rodzaju pokrywy mułkowe związane z bardzo wolnymi przepływami wody albo z wodą stagnującą. Strefa III nie wykazuje w zasadzie żadnych efektów akumulacyjnych. Jest ona tylko zalewana przez wody nie transportujące już żadnego osadu (por. kryterium hydrologiczne). Strefa IV obejmuje obszary terasy zalewowej, które nie ulegają zalaniu w czasie normalnych wezbrań. Trzeba jednak zaznaczyć, że obszary te mogą zostać zalane przez wodę w okresie najwyższych, katastrofalnych wodostanów.

Poznanie wymienionych stref było możliwe dzięki zastosowaniu podejścia ogólnego w interpretacji zdjęć lotniczych (por. *Metody badań*). W wyznaczaniu stref proponowanego modelu pomocne były również densytogramy poprzecznych linii profilowych przez dna doliny Warty i Parsęty. Okazało się bowiem, że każdej strefie można przypisać wartości gęstości optycznej, które nawiązują do jakościowej klasyfikacji fototonalnej (por. *Podstawy interpretacji zdjęć lotniczych*).

Należy zaznaczyć, że powierzchniowe określenie zasięgu kolejnych stref dla Warty i Parsęty nastręcza duże trudności. Wynika to w głównej mierze z różnego charakteru poszczególnych wezbrań, a właściwie z hydrodynamicznego charakteru przepływów w okresie poprzedzającym wezbranie. Jeżeli wezbranie poprzedzają wodostany niskie i średnie (1979), dochodzi wówczas do pełnego wykształcenia strefy I. Natomiast wezbrania poprzedzone wysokimi wodostanami (1980) powodowały powszechne wystąpienie strefy III, w niewielkim stopniu strefy II, a lokalnie strefy I. Pojawienie strefy IV uzależnione jest od reżimu hydrologicznego rzeki. Parsęta i Warta różnią się częstotliwością i natężeniem wezbrań, a więc tym samym różnią się pojawianiem i zasięgiem strefy IV. Niemałą rolę przy wystąpieniu tej strefy odgrywa także przedwezbraniowa morfologia terasy zalewowej.

Dla znajomości morfogenetycznego i sedymentacyjnego subśrodowiska terasy zalewowej ważne jest dokładne poznanie strefy I. W tym celu zast[illegible]o szczegółowe podejście przy interpretacji zdjęć lotniczych (por. *Metody badań*). Pozwoliło ono na rozpoznanie akumulacyjnych form powezbraniowych na terasie zalewowej w bezpośrednim i najbliższym sąsiedztwie koryta rzecznego. Pod względem litologicznym strefa ta zdominowana jest przez piaszczyste pokrywy aluwialne. Są one zróż-

nicowane pod względem morfogenetycznym i morfograficznym (por. *Identyfikacja powezbraniowych pokryw aluwialnych).* Kształt, wielkość i gęstość tych pokryw uwarunkowana jest wieloma czynnikami, z których za najważniejsze należy uznać: hydrodynamikę wód wezbraniowych w korycie i na terasie, odległość od koryta rzeki, przedwezbraniową rzeźbę terasy zalewowej oraz obecność pokrywy roślinnej.

Porównanie strefy I w przypadku dwóch różnych rzek pozwala na stwierdzenie, że zasięgi jej są uzależnione od reżimu hydrologicznego danej rzeki. Na Parsęcie strefa ta jest znacznie węższa aniżeli na Warcie. Wynika to z różnej dostawy materiału na terasę, a co za tym idzie — różnej powierzchni zajmowanej przez osady powezbraniowe na terasie. Ponadto wyrazistość i czytelność pokryw jest większa w przypadku Parsęty niż Warty. Wydaje się, iż rzeki mniejsze mają większe zróżnicowanie morfologiczne powezbraniowych pokryw aluwialnych na terasie zalewowej. W przypadku natomiast rzek większych zróżnicowanie pokryw staje się trudniejsze ze względu na nakładanie się na siebie poszczególnych form akumulacji piaszczystej.

Interpretacja powezbraniowej akumulacji na terasie zalewowej meandrujących rzek nizinnych w świetle analizy zdjęć lotniczych ma duże znaczenie dla poznania mechaniki rozwoju terasy zalewowej. Pozwala na sprecyzowanie przestrzennych współzależności między wieloma czynnikami uzależniającymi wystąpienie i rozmieszczenie powezbraniowych pokryw aluwialnych.

LITERATURA

Allen J.R.L., 1970: *Physical processes of sedimentation*, George Allen and Unwin Ltd., London, s. 1—248.

Baraniecki L., Ruszczycka-Mizera M., 1977: *Fotointerpretacja jako metoda badania współczesnych procesów dolinnych*, [w:] *Fotointerpretacja w geografii*, t. II (12), Katowice, s. 83—93.

Bartkowski T., 1957: *Rozwój polodowcowej sieci hydrograficznej w Wielkopolsce Środkowej*, Zesz. Nauk. UAM nr 5. Geografia, 1, s. 3—79.

Beerbower J.R., 1964: *Cyclothems and cyclic depositional mechanisms in alluvial plain sedimentation*, Kansas Geol. Surv. Bull., vol. 169, s. 31—42.

Cant D.J., 1978: *Bedforms and bar types in the South Saskatchewan River*, J. Sed. Petrol., vol. 48, s. 1321—1330.

Cant D.J., Walker G.W., 1978: *Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan River, Canada*, Sedimentology, vol. 25, s. 625—648.

Coleman J.M., 1969: *Brahmaputra River: Channel processes and sedimentation*. Sed. Geol., vol. 3, s. 129—239.

Collinson J.D., 1978: *Alluvial sediments*, [w:] *Sedimentary environments and facies*, H.G. Reading (Ed.), Blackwell Sci. Publ., Oxford, s. 15—60.

Deutsch M., 1976: *Optical processing of ERTS data for determining extent of the 1973 Mississippi River flood*. U.S. Geol. Surv., Prof. Paper 929, s. 208—213.

Drury W.H., Jr., 1956: *Bog flats and phisiographic processes in the Upper Kuskokvim River region, Alaska,* Gray Herbarium Contr., vol. 178, s. 1—130.

Falkowski E., 1972: *Regularities in development of lowland rivers and changes in river bottoms in the Holocene. Excursion Guide-Book,* Symp. of the *INQUA commiss. on studies of the Holocene* „Changes in the paleogeography of valley floors of the Vistula drainage basin during Holocene", 2nd Part: *The Polish Lowland,* s. 3—35.

Florek E., 1978: *Wybrane metody badania współczesnych zmian koryta rzecznego na przykładzie dolnego Bobru,* Bad. Fizjogr. Pol. Zach., t. 31, s. 57—78.

Gonera P. (w druku): *Zastosowanie kryterium hydrologicznego do wyznaczania zasięgu terasy zalewowej,* Sprawozdanie Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk (za rok 1980).

Gregory K.J., Walling D.E., 1973: *Drainage basin: Form and process,* Edward Arnold Publ. Ltd., London, s. 1—456.

Jackson R.G. II, 1975: *A depositional model of point bars in the lower Wabash River.* Ph. D. Thesis, Urbana-Champaign. Xer. Univ. Microfilms, Ann Arbor (1979), s. 1—269.

Kijowski A., 1978: *Zlewnia Kanału Granicznego w świetle analizy materiałów fotograficznych w różnych skalach,* [w:] *Fotointerpretacja w geografii,* t. III (13), Katowice s. 67—81.

Klimek K., 1972: *Współczesne procesy fluwialne i rzeźba równiny Skeidararsandur (Islandia),* Prace Geograficzne IG PAN, t. 94, s. 1—139.

Kozarski S., 1976: *Air-photo interpretation in the geomorphological survey of valley floors in the North Polish Plain,* Stud. Geogr. Brno, t. 55, s. 79—81.

Kozarski S., Rotnicki K., 1977: *Valley floors and changes of river channel patterns in the North Polish Plain during the Late-Würm and Holocene,* Quaest. Geogr., t. 4, s. 51—93.

Kozarski S., Rotnicki K., 1978: *Problemy późnowürmskiego i holoceńskiego rozwoju den dolinnych na Niżu Polskim,* Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, t. 19, s. 1—57.

Leopold L.B., Wolman M.G., Miller J.P., 1964: *Fluvial processes in geomorphology,* W.H. Freeman and Co., San Francisco, s. 1—522.

Lewin J., 1978: *Meander development and floodplain sedimentation: a case study from mid-Wales.* Geological Jour., vol. 13, s. 25—36.

Lewin J., Collin R.L., Hughes D.A., 1979: *Floods on modified floodplains,* [w:] *Man's impact on the hydrological cycle in the United Kingdom,* G.E. Hollis (Ed.), Geobooks, Norwich, s. 109—119.

Lewin J., Manton M.M.M., 1975: *Welsh floodplain studies: The nature of floodplain geometry,* J. Hydrol., vol. 25, s. 37—50.

McGowen J.H., Garner L.E., 1970: *Physiographic features and stratification types of coarse-grained point bars: modern and ancient examples,* Sedimentology, vol. 14, s. 77—111.

Morrison R.B., White P.G., 1976: *Monitoring flood inundation,* U. S. Geol. Surv., Prof. Paper 929, s. 196—208.

Mycielska-Dowgiałło E., 1972: *Stages of Holocene evolution of the Vistula valley on the background of its older history in the light of investigations carried out near Tarnobrzeg. Excursion Guide-Book,* Symp. of the INQUA commiss. on studies of the Holocene „Changes in the paleogeogreaphy of valley floors of the Vistula drainage basin during Holocene", 2nd Part: *The Polish Lowland,* s. 69—82.

Nanson G.C., 1980: *Point bar and floodplain formation of the meandering Beatton River, northeastern British Columbia, Canada.* Sedimentology, vol. 27, s. 3—29.

Nordseth K., 1973a: *Fluvial processes and adjustments on a braided river. The islands of Koppangsöyene on the River Glamma,* Norsk. Geogr. Tidsskr., vol. 27, s. 77—108.

Nordseth K., 1973b: *Floodplain construction on a braided river. The islands of Koopangsöyene on the River Glamma,* Norsk. Geogr. Tidsskr., vol. 27, s. 109—126.

Ostaficzuk S., 1978: *Fotogeologia,* Wyd. Geol., Warszawa, s. 1—250.

Page K.J., Nanson G.C., 1982: *Concave-bank benches and associated floodplain formation,* 2nd International Fluvial Conference. Modern and Ancient Fluvial Systems: Sedimentology and Processes, Keele, September 1981, (w druku).

Pestrong R., 1969: *Multiband photos for tidal marsh,* Photogr. Eng., vol. 35, s. 453—470.

Pounder E.J., 1979: *Theories of river terrace development: a review.* Brighton Polytech. Geogr. Soc. Mag., vol. 8, s. 24—34.

Rozanov L.L., 1980: *Tipologija rečnych terras,* „Geomorfologija", t. 2, s. 94—104.

Ruszczycka-Mizera M., 1978: *Fotointerpretacja jako metoda analizy rozwoju rzeźby dna doliny dużej rzeki na przykładzie doliny Odry.* Acta Universitatis Wratislaviensis, nr 340, s. 115—151.

Schmudde T.H., 1968: *Floodplain,* [w:] *The Encyclopedia of Geomorphology,* R.W. Fairbridge (Ed.), Reinhold, New York, s. 359—362.

Schumm S.A., 1968: *River adjustment to altered hydrologic regiment — Murrumbidgee River and paleochannels, Australia,* U.S. Geol. Surv., Prof. Paper 598, s. 1—65.

Szumański A. 1972: *Changes in the development of the Lower San channel pattern in he Late Pleistocene and Holocene. Excursion Guide-Book.* Symp. of the INQUA commiss. on studies of the Holocene: „Changes in the paleogeography of valley floors of the Vistula drainage basin during Holocene", 2nd Part: *The Polish Lowland,* s. 55—68.

Teversham J.M., Slaymaker O., 1976: *Vegetation composition in relation to flood frequency in Lillooet River valley, British Columbia,* Catena, vol. 3, s. 191—201.

Trafas K., 1977: *Rekonstrukcja zmian biegu koryta Wisły na podstawie zdjęć lotniczych,* [w:] *Fotointerpretacja w geografii,* t. 10, s. 29—39.

Zwoliński Z., 1983: *Sedymentacja osadów przyrostu pionowego na terasie zalewowej Parsęty* (Sum.: *Sedimentation of overbank deposits on floodplain of the Parsęta River*), Bad. Fizjogr. Pol. Zach., t. 36 (w druku).

PRZEMYSŁAW GONERA, ANDRZEJ KIJOWSKI, ZBIGNIEW ZWOLIŃSKI

FLOOD ACCUMULATION FORMS ON THE FLOODPLAIN ALONG THE WARTA AND PARSĘTA RIVERS: AIRPHOTO INTERPRETATION

Summary

The principal aim of this study is to show the classification and distribution of flood accumulation forms in chosen reaches of the floodplain on the Warta and Parsęta rivers after floods 1979—1981 using airphoto interpretation.

Collected documentary evidence together with field observations permitted classification of very rich floodplain relief features and their comparision along

the two rivers of different hydrological regime.

Flood accumulation forms which are presented here allowed a brief discussion of main ways of their formation. The action of flood waters leads to:
— the formation of new forms,
— the formation of deposits overlying existing forms,
— filling of floodplain depressions.

After each flood it is possible to distinquish between the following new accumulation forms on the floodplain: natural levees, sand cones, floodplain ribbons and sand shadows. Natural levees, sand cones, meander scroll ridges and floodplain basins were overlain by new material. At last filled up were swales, chute and floodplain channels, paleomeanders and floodplain depressions.

According to this classification new forms seem to be built mostly of sandy deposits and silty covers can be observed too.

An idealised model of accumulation effects after a flood, as presented in fig. 1, ilustrates the above tendencies. This model comprises four zones. Zone I shows the greatest lithological and morphological variations in flood accumulation forms. Zone II contains various silt covers related to slowly flowing or stagnant waters. Zone III lacks accumulation effects. This zone is flooded by waters which do not transport any material. Zone IV contains floodplain areas which are not flooded. However, they may be inundated with waters during catastrophic, peak stages.

PRZEMYSŁAW GONERA, ANDRZEJ KIJOWSKI, ZBIGNIEW ZWOLIŃSKI

LES FORMES D'ACCUMULATION D'APRÈS DÉBORDEMENTS SUR LES TERRASSES D'INONDATION DE LA WARTA ET DE LA PARSĘTA À LA LUMIÈRE DE L'ANALYSE DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Résumé

Dans la présente étude nous avons présenté les types et la répartition des formes d'accumulation sur des segments choisis des terrasses d'inondation de la Warta et de la Parsęta après les débordements des années 1979—1981 à la lumière de l'analyse de photographies aériennes. Les matériaux documentaires que nous possédons, complétés par des observations sur place, permet de classer le relief extrêmement riche des deux terrasses d'inondation et de le comparer à l'échelle de deux rivières différentes du point de vue de leur régime hydrologique.

La revue des effets et des formes d'accumulation à la surface des terrasses d'inondation que nous avons faite après les périodes d'inondation de la Warta et de la Parsęta permet d'exposer brièvement les principales orientations de l'accumulation des terrasses. L'activité accumulative des eaux d'inondation sur les terrasses d'inondation mène à:
— la création de nouvelles formes,
— un surélèvement des éléments existants du relief primitif,
— remplir les zones basses des terrasses.

Après chaque inondation nettement morphogêne, nous avons relevé sur les terrasses d'inondation de nouvelles formes, c'est-à-dire des formes qui, en comparaison avec le débordement précédent, sont apparues pour la première fois à un endroit donné. Il s'agissait de levées de rive, cônes sableux, bandes de terrasse, ombres de sable. Les levées de rive, les cônes sableux, les bras morts

des méandres et les bassins de terrase. Enfin les renfoncements entre les levées, les lits d'inondation et de terrasse, les lits délaissés et les zones basses des terrasses sont soumises au remplissement.

Il résulte de cette classification que les nouvelles formes sont exclusivement construites de sédiments sableux tandis que les autres genres d'accumulation englobent tant les sédiments sableux que vaseux.

La revue de la documentation photoaérienne ressemblée concernant la Warta et la Parsęta permet de préciser les tendances générales dans le développement et la répartition des processus d'accumulation dus aux inondations ainsi que leurs effets sur les fonds des vallées de rivières qui font des méandres. Le modèle idéalisé des effets d'accumulation après les inondations présenté au dessin 1 est une illustration de ces tendances. Dans ce modèle nous avons distingué quatre zones. La zone I sur le bord du lit comprend la plus grande diversité lithologique et morphologique des effets d'accumulation après les inondations. Dans la zone II nous relevons avant tout diverses couvertures vaseuses qui sont dues à des eaux qui s'écoulent très lentement ou à l'eau stagnante. La zone III ne possède en principe aucun effet d'accumulation: cette zone n'est inondée que par des eaux qui ne charrient plus aucun sédiment. La zone IV englobe les parties de la terrasse d'inondation qui ne sont pas recouvertes d'eau lors des débordements. Mais il faut remarquer que ce sont des terrains qui peuvent être occupés par les eaux dans les périodes des inondations les plus élevées, des inondations catastrophiques.

Traduit par Michał Michalak